



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

Liberté
Égalité
Fraternité



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Document à accès immédiat

Compte rendu Annuel Régional d'Activité 2024 de BRGM/DPSM – Région Pays de la Loire

Rapport final

BRGM/RP-74487-FR

Version 0 du 30 avril 2025

Activités réalisées dans le cadre des missions après-mine opérationnelles
annuelles du DPSM pour le compte de l'État

BRGM

Ce rapport a été vérifié le 23/05/2025 et approuvé le 10/06/2025 selon la procédure interne en vigueur au sein du BRGM, qui garantit le respect de ses engagements contractuels, de l'intégrité et de l'impartialité du contenu scientifique et technique du présent rapport, de l'éthique et de la déontologie du BRGM, ainsi que des dispositions réglementaires et législatives auquel il est soumis pour l'exercice de son activité.

Le système de management de la qualité et de l'environnement du BRGM
est certifié selon les normes ISO 9001 et ISO 14001.

Contact : qualite@brgm.fr

Avertissement

Ce rapport est adressé en communication exclusive au demandeur, au nombre d'exemplaires prévu contractuellement.

Le demandeur assure lui-même la diffusion qu'il souhaite des exemplaires de ce tirage initial, dont il est seul propriétaire.

La communicabilité et la réutilisation de ce rapport sont régies selon la réglementation en vigueur, ainsi que par les termes de la convention.

Les justificatifs du contrôle qualité de ce rapport (auteur, vérificateur, approbateur) peuvent être communiqués à titre confidentiel au destinataire du rapport, à sa demande et dans le strict respect de la réglementation applicable au traitement des données à caractères personnels.

Le BRGM ne saurait être tenu responsable de la divulgation du contenu total ou partiel de ce rapport à un tiers non-autorisé qui ne soit pas de son fait et des éventuelles conséquences pouvant en résulter.

Votre avis nous intéresse

Dans le cadre de notre démarche qualité et de l'amélioration continue de nos pratiques, nous souhaitons mesurer l'efficacité de réalisation de nos travaux.

Aussi, nous vous remercions de bien vouloir nous donner votre avis sur le présent rapport en complétant le formulaire accessible par cette adresse <https://forms.office.com/r/yMgFcU6Ctg> ou par ce code :



Mots clés : Gestion opérationnelle technique après-mine, Surveillances, Mise en sécurité, Travaux, Pays de la Loire.

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

BRGM 2025. Compte rendu Annuel Régional d'Activité 2024 de BRGM/DPSM – Région Pays de la Loire.
Rapportfinal V0. BRGM/RP-74487-FR, 35 p., 14 fig., 2 tab., 2 ann.

© BRGM, **2025**, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.
IM003-MT008-P2-08/04/2024

Synthèse

Le présent document constitue le rapport annuel d'activités en région Pays de la Loire relatif à la mission après-mine réalisée en 2024 par le Département Prévention et Sécurité Minière (DPSM) du BRGM pour le compte de l'État. Il dresse la synthèse de cette mission et reprend les principales conclusions établies pour chacune des activités concernées.

▪ Travaux de mise en sécurité

En 2024, les travaux suivants ont été réalisés sur le site du Bois Vert à Abbaretz (44) :

- concernant la gestion des eaux du drainage minier acide :
 - le suivi d'un pilote de traitement,
 - le suivi semestriel des eaux superficielles et souterraines,
 - la poursuite de l'étude hydrogéologique complémentaire ;
- concernant la gestion de l'érosion :
 - la pose d'enrochements en pied de ravines pour limiter l'érosion solide.

En 2025, pour le site du Bois Vert à Abbaretz sont envisagés :

- concernant la gestion des eaux du drainage minier acide :
 - la poursuite du suivi du pilote de traitement et la mise en place d'un pilote plurimétrique afin de disposer d'un saut d'échelle et sécuriser le dimensionnement de la construction de la station de traitement à l'échelle 1,
 - la poursuite du suivi semestriel des eaux superficielles et souterraines en optimisant le nombre de points suivis ;
- concernant la gestion de l'érosion :
 - la définition de l'ensemble des points singuliers devant faire l'objet de mesures de gestion en mettant l'accent sur les méthodes de phyto-gestion (fascines, végétalisation, etc.),
 - la restauration de la capacité de stockage de la lagune nord-est (par remodelage et la mise en place de rideaux de palplanches afin d'en faciliter la gestion future).

Pour ce qui concerne le désordre de la Chapelle-sur-Oudon (49), les travaux sur voirie se sont déroulés en deux temps de fin mai à fin juin 2024. Ils ont consisté d'une part à rechercher l'origine du désordre et d'autre part à réaliser le comblement et la réfection de la chaussée. La réception complète des travaux a été prononcée le 2 juillet 2024.

Enfin, pour ce qui concerne la mine de la Lucette au Genest-Saint-Isle (53), la DREAL Pays de Loire a saisi le BRGM/DPSM en juillet 2023 pour réaliser les études et les travaux nécessaires à la réduction du sapage des résidus de la zone nord par le ruisseau circulant sous le stock de matériaux. En 2024, un dossier de consultation des entreprises (DCE) a été produit et une consultation publique est prévue en 2025, afin de lancer une **mission d'études en vue de travaux** destinés à limiter ou stopper les phénomènes transferts solides de résidus.

▪ Surveillance d'anciens sites miniers

Pour ce qui concerne la cavité de Chazé-Henry (49), la surveillance de 2024 a mis en évidence de nouvelles chutes de blocs au niveau de la couronne pendant l'hiver 2023. Cependant, l'évolution a été moins significative entre mai et septembre 2024, où seule une chute de bloc a été relevée. Le suivi automatique des fissures de l'habitation sus-jacente ne montre pas d'évolution notable de celles-ci en 2024.

Depuis le 1^{er} janvier 2023, la station de traitement des eaux de Saint-Pierre-Montlimart (49) est une installation hydraulique de sécurité relevant de l'article L. 163-11 du code minier et devant être gérée par le BRGM/DPSM. En 2024, les allègements de surveillance validées par la DREAL ont été mis en place : les analyses physico-chimiques sont passées à une fréquence bisannuelle au lieu d'une fréquence trimestrielle. En 2024, les paramètres mesurés sur la station sont globalement du même ordre de grandeur que lors de la période 2017 – 2023. L'abattement de l'arsenic par la station de traitement est de l'ordre de 80 % ce qui témoigne globalement du bon fonctionnement au regard du traitement passif utilisé. En sortie de lagunes, les concentrations moyennes en arsenic total sont proches de 177 µg/l. En 2024, un entretien de la végétation a été réalisé notamment pour couper les genêts qui se développaient de façon trop importante aux abords des ouvrages hydrauliques. En 2025 il est prévu d'installer un pluviomètre et d'un débitmètre avec télétransmission.

▪ Études transverses

Dans le cadre de la gestion des sites miniers, le BRGM/DPSM étudie des solutions pour stabiliser les résidus miniers sur le long terme à partir de techniques végétales. L'étude de la phytostabilisation des résidus miniers sur le site d'Abbaretz (44), par le suivi de deux parcelles pilotes, s'est poursuivie en 2024 et a montré un bon développement de la végétation sur les deux zones d'essais. Le suivi des parcelles sera prolongé en 2025.

Le travail mené en 2024 pour construire un modèle géoenvironnemental du site d'Abbaretz (44) a permis de mieux connaître la géologie du site. Il a notamment permis de montrer :

- que le potentiel acidogène est plus élevé pour le dépôt conique (constitué de stériles) que pour les dépôts tabulaires (constitués de résidus miniers), en raison de la présence importante de sulfures frais (arsénopyrite de la tourmalinite) ;
- que la présence de certains métaux et métalloïdes dans le drainage minier acide (DMA) (notamment le nickel et le cobalt) n'est pas expliquée par la composition minéralogique du gisement du Bois Vert, mais par la composition des matériaux présents dans le terril conique, riches en pyrite/arsénopyrite ;
- que l'estimation de la durée du drainage minier acide sur le site est complexe car il est principalement associé au dépôt conique qui comporte des éléments de tailles très variées, riches en sulfures « frais » dont il est difficile d'évaluer le temps de dissolution.

L'année 2025 sera consacrée à la consolidation de l'ensemble des données acquises sur le fonctionnement du site du Bois Vert d'Abbaretz depuis 2018. Cela permettra de mettre en perspective l'apport et les limites des différentes méthodes mises en œuvre pour aider à la gestion des résidus miniers (géophysique, analyses combinées de terrains XRF-XRD, constitution d'un modèle géoenvironnemental, etc.).

Par ailleurs, en 2025, des tests visant à évaluer l'apport du suivi des particules en suspension pour estimer les emports depuis les sites miniers seront réalisés notamment sur le site de Saint-Pierre-Montlimart. Enfin des tests afin de définir le choix de la meilleure méthode de détermination des débits à déployer selon la conformation des cours d'eau et les incertitudes associées à chaque type de méthode seront menés sur les sites de Saint-Pierre-Montlimart et d'Abbaretz.

Sommaire

1. Mission	7
2. Budget	9
3. Organisation	11
4. Activités	13
4.1. CONCESSION MINIÈRE D'ABBARETZ (44)	13
4.1.1. Contexte minier	13
4.1.2. Maîtrise d'ouvrage déléguée des travaux de mise en sécurité	13
4.2. CONCESSION MINIÈRE DE L'LOUDON (49)	18
4.2.1. Contexte minier	18
4.2.2. Maîtrise d'ouvrage déléguée des travaux de mise en sécurité	19
4.3. CONCESSION MINIÈRE DE SAINT-PIERRE MONTLIMART (49)	21
4.3.1. Contexte minier	21
4.3.2. Saint-Pierre-Montlimart - La Bellière (49) – Surveillance du site des lagunes	21
4.4. CONCESSION MINIÈRE DE CHAZÉ-HENRY (49)	22
4.4.1. Contexte minier	22
4.4.2. Équipements de prévention, de surveillance et de sécurité	22
4.5. CONCESSION MINIÈRE DE LA LUCETTE, LE GENEST SAINT ISLE (53)	23
4.5.1. Contexte minier	23
4.5.2. Maîtrise d'ouvrage déléguée de travaux de mise en sécurité	25
5. Études et programmes transverses	27
5.1. PHYTOSTABILISATION DES ANCIENS SITES MINIERES	27
5.2. GESTION DES DÉPÔTS DE RÉSIDUS MINIERES	27
6. Gestion de l'information technique	29
7. Conclusions et perspectives	31
7.1. BILAN 2024	31
7.1.1. Travaux de mise en sécurité d'anciens sites miniers	31
7.1.2. Surveillance d'anciens sites miniers	31
7.2. PERSPECTIVES	31
7.2.1. Travaux de mise en sécurité d'anciens sites miniers	31
7.2.2. Surveillance d'anciens sites miniers	32
7.2.3. Études	32

Liste des figures

Figure 1 : Périmètre d'intervention de l'UTAM Centre-Ouest.....	11
Figure 2 : Bureaux de l'UTAM Centre-Ouest (BRGM, Orléans).	11
Figure 3 : Abbaretz - Vue aérienne du site du Bois Vert (de nos jours).....	13
Figure 4 : Abbaretz - Réseau de forages fin 2023 (fond Google satellite, 2023).....	16
Figure 5 : Schéma conceptuel hydrodynamique - Coupe schématique ouest-est – Site du Bois Vert à Abbaretz (SCE 2024).	17
Figure 6 : Vue du désordre sur la chaussée	19
Figure 7 : Ouverture du désordre. Vide en partie comblé sous la chaussée	19
Figure 8 : Coulage de la première toupie de béton.....	20
Figure 9: Compactage des remblais.	20
Figure 10 : Réalisation de l'enduit bicouche.....	20
Figure 11 : Saint-Pierre-Montlimart - Vue des lagunes en juin 2024.	21
Figure 12 : Capteur de suivi n° 0A002821 sur fissure n° 1.	23
Figure 13 : Plan de recollement du site sur fond orthophotographique (modifié d'après GEODERIS, 2020).	24
Figure 14 : Parcelles pilote de phytostabilisation sur d'Abbaretz, à gauche sur le terail tabulaire, à droite proche de la zone du drainage minier acide (juin 2024).	27

Liste des tableaux

Tableau 1 : Répartition des dépenses liées à l'après-mine en Pays de la Loire en 2024.	9
Tableau 2 : Abbaretz - Résultats du troisième pilote de traitement des eaux.....	15

Liste des annexes

Annexe 1 : Index des acronymes	33
Annexe 2 : Indicateur de performance	35

1. Mission

Les dispositions du Code minier confèrent à l'État un large champ de responsabilités, notamment techniques après la fin de l'exploitation. Le BRGM s'est vu confier, par modification de son décret d'organisation administrative et financière¹, la mission de gestion technique des surveillances et de travaux dans le cadre de l'arrêt définitif des travaux miniers et des préventions des risques miniers. Le Département Prévention et Sécurité Minière (DPSM) du BRGM a été créé spécifiquement pour cette mission.

C'est pour le compte de l'État que le BRGM opère des installations hydrauliques de sécurité et met en œuvre des équipements de prévention et de surveillance d'anciens sites miniers, appartenant à l'État ou ayant été transférés à ce dernier par les anciens exploitants. De plus, le BRGM fait exécuter les ouvrages et travaux de sécurité que l'État lui demande de réaliser en tant que maître d'ouvrage délégué.

Cette mission a pris effet au 1^{er} mai 2006, avec une montée en charge progressive et géographique jusqu'en 2008, qui s'est accrue avec la prise en charge en :

- 2011 des installations des mines de potasse d'Alsace (MDPA) ;
- 2017 de l'installation de stockage pétrolier souterrain de Gargenville (77) et de la station de traitement des eaux minières de Chessy (69) ;
- 2018 de la station de traitement de Largentière (07) ;
- 2021 de la station de traitement des eaux minières de Bodennec (29) ;
- 2022 de l'installation hydraulique de sécurité du Thoronet (83) ;
- 2024 de l'installation hydraulique de sécurité de Lopérec (29) ;
- 2024 du dépôt de résidus de Ouche à Massiac (15).

Les décrets n°2006-402 du 4 avril 2006, n° 2016-933 du 7 juillet 2016 et n°2022-977 du 1er juillet 2022 ont modifié le décret n°59-1205 du 23 octobre 1959 relatif à l'organisation administrative et financière du BRGM, désormais codifié aux articles R333-13 à R333-31 du code de la recherche, pour lui permettre d'assurer, au travers de sa Direction Prévention et Sécurité Minière (DPSM) et pour le compte de l'État, les missions opérationnelles d'Après-Mine.

Le BRGM assure la gestion des activités opérationnelles après-mine issues de tout opérateur minier et toute substance pour le compte de l'État. Cette mission est régie par voie de convention pour les dépenses « d'intervention » et par décision attributive de subvention pour les dépenses de « fonctionnement » avec le Ministère de la Transition Écologique et de la Cohésion des Territoires (MTECT).

Les activités techniques couvrent :

- la gestion d'installations hydrauliques de sécurité et de traitement des eaux mises en place par les exploitants miniers qui n'ont pas été reprises par les collectivités locales, après renonciation à concession, et qui ont été transférées à l'État ;

¹ Décret n° 59-1205 du 23 octobre 1959 relatif à l'organisation administrative et financière du BRGM modifié notamment par le décret n° 2006-402 du 4 avril 2006.

- la surveillance de zones à risques d'instabilité de surface et d'accumulation de gaz dangereux, ou plus généralement présentant des risques pour les biens et les personnes ;
- la gestion, la remise en état et la surveillance d'installations soumises au code de l'environnement se trouvant sur des sites miniers ;
- la maîtrise d'ouvrage déléguée pour des travaux de mise en sécurité (après sinistre ou non) ou d'implantation ou de démantèlement d'ouvrages de surveillance et de prévention ;
- la suppléance des exploitants miniers défaillants ou disparus, notamment en matière de constitution de dossier technique ;
- l'accompagnement technique consécutif à une procédure d'expropriation ;
- la gestion de l'information (renseignement minier, archives, plans et documentations minières, bases de données et SIG² ;
- l'appui technique aux services de l'État tant pour l'instruction des dossiers relatifs aux dégâts miniers que pour des études techniques ;
- la gestion du patrimoine foncier mis en dotation ;
- la gestion des archives techniques intermédiaires minières nécessaires à l'exercice des missions.

Les listes des installations surveillées au titre des trois premiers items ci-dessus sont publiées annuellement par arrêté interministériel³.

Les activités de cette mission après-mine sont couvertes par un financement spécifique sur budget de l'État au sein de la mission « *Écologie, développement et mobilité durables* » du MTECT, programme LOLF181 : « *Prévention des risques* ».

Cette mission fait l'objet d'une comptabilité séparée au sein des budgets et des comptes de l'établissement public BRGM.

² Système d'Information Géographique.

³ Arrêté du 22 février 2023 modifiant l'arrêté du 5 octobre 2016 fixant la liste des installations gérées par le BRGM au titre des 9 et 10 de l'article 1^{er} du décret n° 59-1205 du 23 octobre 1959 relatif à l'organisation administrative et financière du Bureau de recherches géologiques et minières, désormais codifié aux articles R333-13 à R333-31 du code de la recherche.

2. Budget

L'activité du Département Prévention et Sécurité Minière (DPSM) du BRGM est financée par l'État. Les dépenses, dans le cadre des dispositions de la LOLF, s'inscrivent au sein de la mission « *Écologie, développement et mobilité durables* » du Ministère de la Transition Écologique.

Le programme 181 : « *prévention des risques* » comporte quatre actions. L'action n° 11 : « *Gestion de l'après-mine et travaux de mise en sécurité, indemnisations et expropriations sur les sites* » assure le financement des activités confiées au BRGM/DPSM.

Ces dépenses relèvent des « *dépenses de fonctionnement* » et de deux catégories : « *subventions pour charges de service public* » pour un montant de 24,955 M€ et « *dépenses de fonctionnement autres que celles de personnel* » pour les travaux de mise en sécurité pour un montant de 8,8 M€.

Ces budgets font l'objet en 2024 :

- d'une décision attributive de subvention pour charges de service public n° 2104274931 des 1er février et 6 décembre 2024, pour les dépenses de « *fonctionnement* » de 24,955 M€ ;
- d'une convention financière n° 181 SU 2201463430 relative à la gestion de l'après-mine – missions et travaux prescrits par la DGPR et les DREAL, du 8 avril 2024, convention pluriannuelle dite « *de travaux* » pour les dépenses « *d'intervention* » de 8 M€ ;
- d'une convention financière complémentaire n° 181 SU 2201503157 relative à la gestion de l'après-mine – missions et travaux prescrits par la DGPR et les DREAL, du 18 décembre 2024, convention pluriannuelle dite « *de travaux* » pour les dépenses « *d'intervention* » de 0,8 M€.

En région Pays de la Loire, l'État a consacré en 2024 à l'après-mine, par l'intermédiaire du BRGM/DPSM, un montant de 351 k€ dont 133 k€ de charges de sous-traitance pour les travaux de mise en sécurité et de remédiation (Tableau 1).

Région	Dépenses 2024 (en k€)		
	Dépenses totales ⁽¹⁾	dont charges externes opérationnelles	
		Fonctionnement ⁽²⁾	Travaux ⁽³⁾
Pays de la Loire	351	33	133

Tableau 1 : Répartition des dépenses liées à l'après-mine en Pays de la Loire en 2024.

(1) dépenses totales : dépenses comptabilisées comprenant les charges opérationnelles de travaux et de fonctionnement de chaque région ainsi que les charges de fonctionnement (personnel et structure) des Unités Territoriales Après-Mine proratisées sur chaque région en fonction du nombre de journées de l'UTAM consacrées à ces régions.

(2) charges opérationnelles externes de surveillance comptabilisées dans chaque région (hors charges inter régions).

(3) charges opérationnelles externes de travaux TTC comptabilisées dans chaque région.

3. Organisation

L'Unité Territoriale Après-Mine (UTAM) Centre-Ouest du BRGM/DPSM est constituée d'une douzaine d'agents (techniciens et ingénieurs de surveillance, de travaux et d'étude, ainsi que personnel administratif). Son périmètre d'intervention s'étend sur sept régions métropolitaines : Auvergne-Rhône-Alpes, Bretagne, Centre-Val de Loire, Île-de-France, Pays de la Loire, Normandie et Nouvelle-Aquitaine (Figure 1 , en vert).

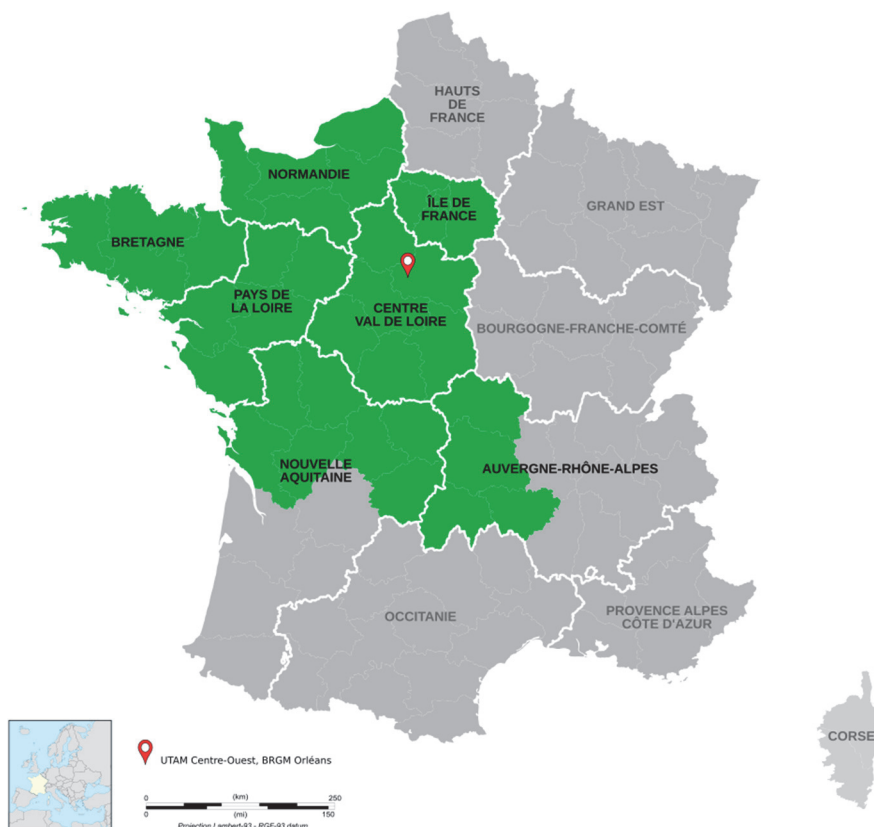


Figure 1 : Périmètre d'intervention de l'UTAM Centre-Ouest.

L'UTAM Centre-Ouest est implantée à Orléans, au centre scientifique et technique et siège social du BRGM (Figure 1 et Figure 2).



Figure 2 : Bureaux de l'UTAM Centre-Ouest (BRGM, Orléans).

4. Activités

Les activités sont présentées par concession.

4.1. CONCESSION MINIÈRE D'ABBARETZ (44)

4.1.1. Contexte minier

La concession d'Abbaretz est située sur les communes d'Abbaretz et de Nozay, au nord-est du département de la Loire-Atlantique.

Le gisement d'étain de la région d'Abbaretz a fait l'objet d'exploitations très anciennes, mais la production industrielle débuta réellement en 1920 par des extractions souterraines. Rapidement gelée, l'exploitation redémarra à ciel ouvert en 1952 pour cesser en 1957 après avoir extrait près de 4 millions de m³ de matériaux dont 1 750 000 m³ de stérile et 2 millions de m³ de minerai à partir duquel auront été produites 3 750 tonnes de concentrés de cassitérite (minerai d'étain) par traitement mécanique.

4.1.2. Maîtrise d'ouvrage déléguée des travaux de mise en sécurité

En 2024 sur la concession d'Abbaretz, il a été procédé à trois opérations de travaux sous maîtrise d'ouvrage déléguée au BRGM/DPSM.

a) Abbaretz (44) - Site du Bois Vert

L'exploitation principale de la concession minière a été réalisée à ciel ouvert sur le site du Bois Vert, à l'ouest du bourg d'Abbaretz, à partir de 1952. La mine à ciel ouvert a atteint des profondeurs allant de 40 m à 70 m. À ce jour, l'ancienne exploitation à ciel ouvert forme un lac (lac de la Mine situé au sud du site) et le site du Bois Vert comprend, sur une cinquantaine d'hectares, des terrils composés de stériles de découverte (terril conique) et de résidus miniers (terrils tabulaires).

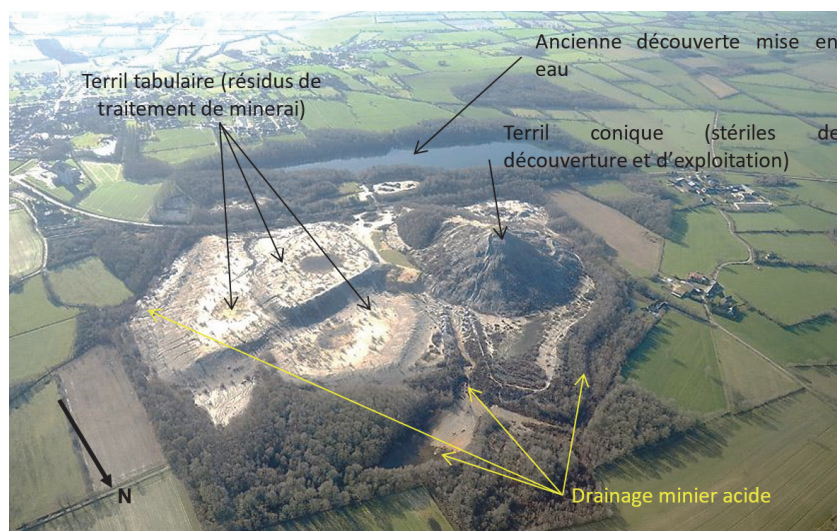


Figure 3 : Abbaretz - Vue aérienne du site du Bois Vert (de nos jours).

Les stériles et résidus, soumis aux eaux météoriques, génèrent un drainage minier acide (DMA) lié à la présence de minéraux sulfurés (pyrite et arsénopyrite notamment) qui engendre des écoulements d'eaux acides et chargées en métaux sur le site.

Le site fait l'objet d'une surveillance des milieux eaux souterraines et eaux superficielles semestriellement.

a.1. Abbaretz (44) - Traitement passif des effluents (étape 2) sur le site du Bois Vert

Les études environnementales, menées par GEODERIS et le BRGM de 2008 à 2010, ont mis en évidence la présence du drainage minier acide au pied des terrils dont l'impact s'étend jusqu'au réseau hydrographique en aval du site.

Dans sa saisine de février 2011, la DREAL a chargé le BRGM/DPSM de mettre en place un système de traitement passif des eaux issues de ce drainage minier acide. Après une mission de maîtrise d'œuvre infructueuse, le plan de gestion pour la maîtrise de ce DMA a été élaboré par le BRGM/DPSM et remis à la DREAL en 2015.

Le plan de gestion comprend trois étapes successives :

- étape 1 : collecte des flux du DMA par la réalisation de fossés et d'un bassin de rétention des fines⁴ afin de créer un point de rejet unique. Cette étape est précédée par la réalisation d'un état initial de la qualité des eaux transitant au droit du site ;
- étape 2 : suivi pendant un an pour caractériser le flux collecté (débit, concentrations, variations saisonnières, etc.), définir et dimensionner le dispositif de traitement des eaux le plus passif possible ;
- étape 3 : construction du dispositif de traitement des eaux avant rejet dans le milieu naturel.

La première étape a été réalisée en 2017. Concernant l'étape 2, le BRGM/DPSM a réalisé un suivi mensuel de la qualité des eaux entre décembre 2018 et novembre 2019. Le site a par ailleurs été équipé d'un pluviomètre à télétransmission en juillet 2019. Les données collectées ont montré que des essais de traitabilité des eaux à l'échelle laboratoire, puis à l'échelle pilote sur site, étaient nécessaires pour définir et dimensionner le futur dispositif de traitement des eaux.

Le Plan de Conception de Travaux (PCT) a été finalisé fin 2021 (PCT réalisé par la société TAUW Environnement). Ses objectifs étaient : *i*) de compléter le suivi de la qualité des milieux de l'étape 2, par la réalisation de piézomètres notamment, et *ii*) de réaliser des essais de traitabilité à l'échelle laboratoire et, *via* un bilan coûts-avantages, de définir la solution de traitement la plus adaptée au site.

Le bilan coûts-avantages a démontré que la technique à privilégier est un traitement passif basique type substrat alcalin dispersé (drain de traitement mixte à base de copeaux de bois et de calcaire), mais que ce procédé devait être testé dans les conditions du site avant sa mise en œuvre à l'échelle réelle. Un test pilote doit permettre d'acquérir les éléments nécessaires au dimensionnement de la future station (temps de séjour, colmatage, etc.).

Ce premier pilote a été mis en place en octobre 2022. Depuis, deux autres pilotes ont été suivis. Chacun des pilotes testés possédait des configurations différentes afin de définir l'option idéale. Ces premiers pilotes ont permis de montrer qu'une remontée du pH était possible avec cette technologie et un abattement du fer était bien observé mais qu'une étape d'aération en tête était

⁴ Fines : petites particules de diamètre inférieur à 76 µm.

nécessaire pour améliorer l'abattement du Fer et augmenter la durée de vie du réacteur. La 3^e itération du pilote est en fonctionnement sur site depuis plus de 300 jours et continue à neutraliser le pH et les métaux avec succès (Tableau 2). Des essais sont en cours pour définir les modalités du traitement de finition qui est nécessaire pour abattre le Mn ainsi que certains métaux divalents (Zn, Co et Ni). En 2025, un pilote plurimétrique sera mis en place pour assurer un saut d'échelle entre les pilotes actuels (réacteur de 100 L maximum et débit de 1 L/h) et la station finale qui devra traiter environ 10 m³/h.

	Drainage minier (µg/L)	Sortie traitement (µg/L)	Abattement %
Al	17 700	63	99,7
Co	890	64	91,9
Fe	160 000	590	99,7
Mn	2 650	766	68,2
Ni	1 040	90	90,3
Zn	2 330	42	97,9

Tableau 2 : Abbaretz - Résultats du troisième pilote de traitement des eaux.

a.2. Abbaretz (44) - Étude hydrogéologique complémentaire sur le site du Bois Vert

L'impact du DMA du site d'Abbaretz sur la qualité des eaux souterraines reste encore mal connu, or des usages sensibles en aval immédiat ont été mis en évidence.

Dans le cadre de l'étape 2 du plan de gestion, cinq forages de contrôle de la qualité des eaux souterraines ont été mis en place (Figure 4). Après un suivi mensuel sur un semestre en 2020 (par la société TAUW dans le cadre du PCT), ces ouvrages font l'objet d'un suivi semestriel depuis 2021 par le BRGM/DPSM.

Par ailleurs, une étude géophysique réalisée en 2020 par le BRGM avait montré l'existence de zones conductrices en profondeur à l'aplomb du site mais aussi vers le nord-ouest (dans la direction d'écoulement des eaux souterraines). La géophysique ne permettant pas de discriminer entre une conductivité liée à une anomalie géologique et la présence d'un panache minéralisé en nappe, une étude complémentaire, avec notamment la réalisation de nouveaux forages, a été recommandée.

Une étude hydrogéologique du site d'Abbaretz a donc été lancée fin 2022 avec pour objectif de mieux comprendre le contexte hydrogéologique du site et notamment l'identification et la localisation (profondeur et extension) d'un panache d'eaux contaminées par le DMA en nappe. L'étude documentaire réalisée a permis de confirmer l'absence de données préexistantes sur la nappe des schistes sur la zone d'étude et de synthétiser les données déjà disponibles.

Trois ouvrages complémentaires ont été installés (Pz 22 à 24 sur la Figure 4). Un ouvrage est situé en amont hydraulique hors impact du site dans la partie de la nappe localisée dans les schistes altérés. Deux ouvrages, l'un en amont l'autre en aval sont adressés à la partie de la nappe localisée dans les schistes fracturés.



Figure 4 : Abbaretz - Réseau de forages fin 2023 (fond Google satellite, 2023).

Les nouveaux ouvrages mis en place, ainsi que les investigations réalisées sur ces derniers et sur certains ouvrages préexistants, ont permis de répondre à la plupart des questionnements initiaux sur :

- les relations entre les eaux de surface et les eaux souterraines :
 - l'aquifère alimente de nombreuses sources et est drainé par les principaux cours d'eau et plans d'eau. Les écoulements se font de manière préférentielle vers les points bas topographiques ;
- les écoulements au droit et autour du site dans l'aquifère de socle sous-jacent :
 - le contexte hydrogéologique est celui d'un aquifère de socle bicouche de type libre ;
 - le **sens d'écoulement général (nappes superficielle et profonde) du sud-est vers le nord-ouest** (piézométries proches sur Pz22-Pz23 et Pz12-Pz24, écart du niveau statique de moins d'1 m toujours en faveur de la nappe superficielle) ;
 - le **niveau d'eau est sensiblement plus élevé dans la nappe superficielle par rapport à la nappe profonde en hautes eaux**. En amont du site, le différentiel entre les deux nappes est de l'ordre du mètre tandis qu'en aval, les nappes ont sensiblement le même niveau ;
 - la perméabilité est de l'ordre de 10^{-8} à 10^{-7} m/s pour les altérites et le socle, exprimant une **très faible perméabilité de pores et de fissures de la matrice rocheuse et une fracturation du socle a priori peu importante** en aval du site ;
- le rôle des éventuelles nappes perchées présentes au sein des terrils et leurs connexions avec les eaux souterraines et les eaux superficielles :
 - en période de basses eaux, il ne semble pas y avoir de nappe perchée au sein des résidus. Les niveaux d'eau mesurés sont cohérents avec les isopièzes de la nappe des schistes

altérés. En revanche, les mesures effectuées dans la nappe perchée en avril 2024 suite à une très forte pluviométrie montre un dôme piézométrique au droit du terril tabulaire. Ceci sera à confirmer par des mesures complémentaires ;

- un lien a été montré entre la chimie des eaux au sein des dépôts miniers en contact avec la partie supérieure de la nappe des schistes altérés et les eaux superficielles sur site.

Sur la base des informations disponibles antérieurement et nouvellement acquises, **trois schémas conceptuels** ont été proposés (Figure 5).

Il en ressort les éléments suivants :

- localement, un fort impact sur Pz16 en lien avec l'ancienne usine de traitement ;
- **l'absence de couche étanche entre les résidus et les altérites**. La présence permanente d'eau au droit du DMA central conforte l'hypothèse d'une alimentation partielle par les eaux souterraines ;
- **l'absence d'écran naturel imperméable et/ou de déconnexion hydraulique entre nappe superficielle et nappe profonde** ;
- la confirmation de **transferts lents et diffus** (en raison de la faible perméabilité et de l'argilosité du socle schisteux altéré) depuis la nappe superficielle libre au sein des terrils et des altérites vers la nappe profonde au sein du socle rocheux fissuré et semi-perméable.

Les résultats d'analyse montrent une **influence des dépôts sur la qualité des eaux souterraines**. En effet, des **pH relativement acides**, des **conductivités élevées** et des **concentrations non négligeables en éléments traces**, indépendantes des variations de niveau d'eau sont constatées. Ces paramètres sont plus importants en aval qu'en amont que ce soit dans les altérites ou dans le socle. Une augmentation de la concentration en Ni et Co est également observée entre l'amont et l'aval sur les ouvrages captant les altérites.

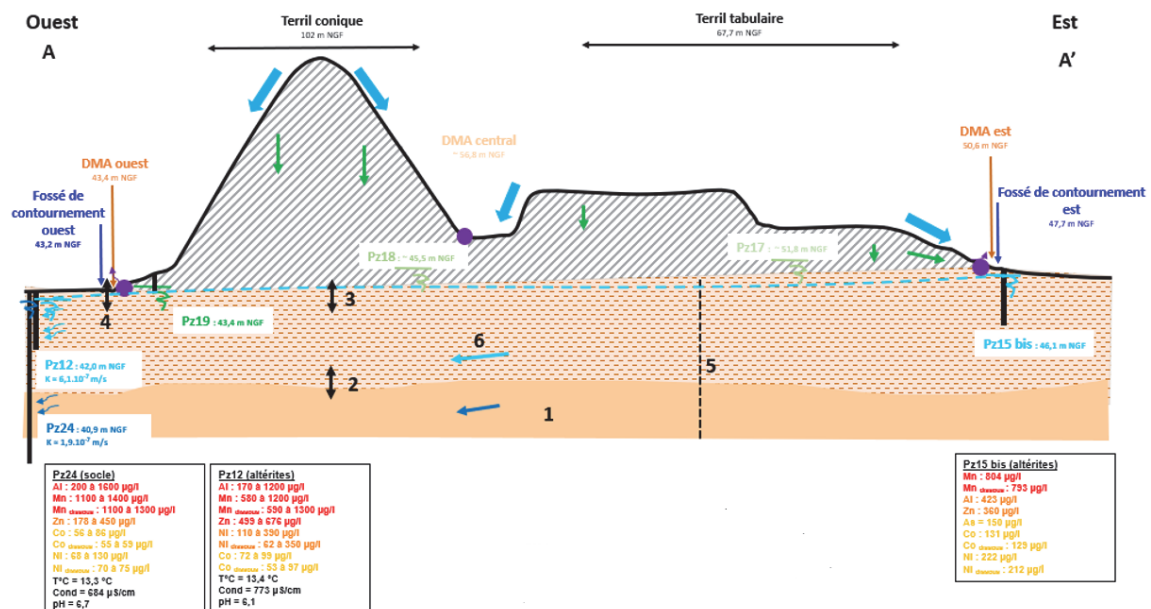


Figure 5 : Schéma conceptuel hydrodynamique - Coupe schématique ouest-est – Site du Bois Vert à Abbaretz (SCE 2024).

a.3. Abbaretz (44) - Travaux pour remédier à l'emport de résidus sur le site du Bois Vert

À la suite d'événements pluvieux importants début 2021, l'emport hors du site de résidus miniers issus du site du Bois Vert a été constaté. Des actions d'urgence ont été réalisées en 2021. En 2022, des calculs, réalisés sur la base des données Lidar de mars 2020 et de mars et octobre 2021, avaient montré que la cinétique d'érosion des ravines s'était considérablement ralentie.

Néanmoins, l'érosion reste toujours active sur site. Aussi une étude d'avant-projet a été conduite par le bureau d'études ANTEA de novembre 2021 à mai 2022 pour définir un dispositif global de maîtrise du phénomène d'érosion et de flux solides et de gestion des eaux de ruissèlement du site. Un certain nombre de mesures y avaient été identifiées ainsi qu'un chiffrage de celles-ci. Sur la base de ces préconisations, une note de programmation a été rédigée fin 2022 pour définir un programme d'actions à mettre en œuvre sur la période 2023-2026.

Les actions à mener ont été séparées en deux lots car les compétences à mobiliser sont multiples et les temporalités sont différentes. Le lot 1 concerne des travaux relevant des terrassements (remodelage, pose d'enrochements) avec des effets rapides attendus, tandis que le lot 2 concerne le génie végétal avec un effet attendu à long terme.

Après consultation d'entreprises et obtention de l'accord de la DREAL PDL et du BSSS sur les prestataires et le coût des opérations, le BRGM/DPSM a confié la maîtrise d'œuvre du lot 1 à l'entreprise ORLING et celle du lot 2 au groupement AGPU-ANTEAGroup.

En 2024, des enrochements ont été mis en place au pied des trois ravines principales du site. Le curage de la lagune nord-est a débuté, mais a été repoussé à 2024 du fait de difficultés techniques (accès plus difficile que prévu notamment du fait de la forte pluviométrie de 2024 et d'un niveau de nappe très haut).

Les travaux relatifs au lot 2 ont consistés en la réalisation du diagnostic du site et aux premières esquisses qui seront étudiées en phase PRO. Fin 2024, les travaux du lot 2 ont été suspendus. Ils reprendront fin 2025 pour des travaux prévus à l'automne 2026.

L'ensemble de ces travaux a pour objectifs de limiter le départ de résidus vers l'extérieur du site et d'assurer la pérennité du chemin de randonnée entourant le site.

4.2. CONCESSION MINIÈRE DE L'LOUDON (49)

4.2.1. Contexte minier

La concession des mines de fer de l'Oudon, située sur la commune de Segré, fut accordée le 3 janvier 1875. L'exploitation du minerai a été avant tout pratiquée au début du 20^e siècle, entre 1907 et 1934. Près de 1 million de tonnes de minerai étaient extraits annuellement au plus fort de l'activité minière. Il existe encore aujourd'hui de nombreux vestiges : chevalement, descenderie, bâtiment ayant abrité les treuils d'extraction et les compresseurs. Il subsiste aussi les grandes arches maçonnées, ayant supporté une voie ferrée sur laquelle circulaient les berlines de minerai.

Sur le secteur du Vaududon, des travaux de recherche furent entrepris au début du XX^e siècle par tranchées et puits de faible profondeur (de l'ordre de 20 à 30 m). Les archives mentionnent notamment la présence de cinq petits puits dont la localisation n'est pas connue.

L'exploitation de la concession a été renoncée par Arrêté Ministériel du 19 novembre 1990.

4.2.2. Maîtrise d'ouvrage déléguée des travaux de mise en sécurité

La DREAL Pays de la Loire a missionné le BRGM/DPSM le 29 avril 2024 pour réaliser les travaux de mise en sécurité d'un désordre signalé sur la route du Vaududon sur la commune déléguée de la Chapelle-sur-Oudon, à proximité de la route à 4 voies qui relie les villes d'Angers et de Rennes, entre le rond-point de l'Europe et l'entrée du Château de la Lorie.

Le désordre se situait sur l'emprise de l'ancienne concession de l'Oudon à proximité d'une zone d'effondrement localisé de niveau moyen.

Des travaux préalables de diagnostic, inspection vidéo et terrassements de recherche, ont été réalisés respectivement le 27 mai et le 7 juin 2024.

Les travaux de traitement du fontis, par des enrochements noyés dans une matrice béton, puis la réfection de la chaussée ont été réalisés du 12 au 24 juin 2024.

La réception complète des travaux a été prononcée le 2 juillet 2024.



Figure 6 : Vue du désordre sur la chaussée.



Figure 7 : Ouverture du désordre. Vide en partie comblé sous la chaussée.



Figure 8 : Coulage de la première toupie de béton.



Figure 9: Compactage des remblais.



Figure 10 : Réalisation de l'enduit bicouche.

4.3. CONCESSION MINIÈRE DE SAINT-PIERRE MONTLIMART (49)

4.3.1. Contexte minier

Le gisement d'or de Saint-Pierre-Montlimart est situé sur la commune de Montrevault-sur-Èvre, à environ 40 km au sud-ouest d'Angers dans le département du Maine-et-Loire.

L'or était connu dans le secteur depuis l'antiquité, mais c'est la première moitié du XX^e siècle qui a été le témoin d'une véritable exploitation industrielle. De 1905 à 1952, quelque 10 400 kg d'or et 1000 kg d'argent ont été extraits de la mine d'or de La Bellière, issus de 1,5 millions de tonnes de minerai provenant de 30 km de galeries.

4.3.2. Saint-Pierre-Montlimart - La Bellière (49) – Surveillance du site des lagunes

Depuis le 1^{er} janvier 2023, la station de traitement des eaux de La Bellière est une installation hydraulique de sécurité relevant de l'article L. 163-11 du code minier et devant être gérée par le BRGM/DPSM.

En 2023, un rapport de bilan (BRGM/RP-72670-FR) de ce suivi a été réalisé et a proposé des recommandations pour la surveillance des lagunes. Les recommandations, qui ont été validées en 2024 par la DREAL, incluent des allègements de surveillance, notamment le passage à une fréquence bisannuelle pour les analyses chimiques sur la station. Ces allègements sont motivés par le fait que la station présente un fonctionnement qui est maintenant bien connu. Une inspection visuelle trimestrielle du site est néanmoins maintenue pour s'assurer du bon fonctionnement des ouvrages hydrauliques.

Le bilan 2024 montre qu'au niveau de l'émergence (en entrée de station), les concentrations en arsenic total sont en moyenne proches de 900 µg/l soit une valeur conforme à celles connues jusqu'à présent. Le débit moyen de l'émergence est d'environ 21 m³/h en 2024, soit une valeur supérieure à la moyenne 2017-2023 (15,6 m³/h) ce qui peut s'expliquer par la pluviométrie de l'année 2024. L'abattement de l'arsenic par la station de traitement est en moyenne proche de 80 % ce qui est en accord avec les valeurs connues depuis la création des lagunes. Ce taux d'abattement témoigne globalement du bon fonctionnement des lagunes au regard du traitement passif utilisé. En sortie de lagunes, les concentrations moyennes 2024 en arsenic total sont proches de 177 µg/l. Dans le plan de gestion réalisé par le BRGM en 2014, il était envisagé un objectif théorique de traitement de 100 µg/l en sortie de station. La station se révèle donc un peu moins performante que prévue au moment de sa conception, sans pour autant que cela ne remette en question l'efficacité et l'intérêt de l'installation.



*Figure 11 : Saint-Pierre-Montlimart -
Vue des lagunes en juin 2024.*

Dans le cours d'eau récepteur, les concentrations en arsenic total augmentent entre l'amont (moyenne 7 µg/l) et l'aval (moyenne 22 µg/l) du rejet. Toutefois, l'augmentation des concentrations est moindre que celle connue les années précédentes probablement en raison d'un débit du cours d'eau relativement élevé au moment des campagnes. En effet, en raison de la pluviométrie abondante de l'année 2024, les conditions de basses eaux n'ont pas été rencontrées lors des prélèvements.

Compte tenu des données disponibles et de l'historique du site, il est difficile d'évaluer la part du rejet des lagunes dans l'impact global du site sur le cours d'eau. Des investigations complémentaires seraient nécessaires pour déterminer la nature et la contribution des différentes voies de transfert potentielles.

En 2024, un entretien de la végétation a été réalisé notamment pour couper les genêts qui se développaient de façon trop importante aux abords des ouvrages hydrauliques.

En 2025, en plus de la surveillance du site, il est prévu :

- des opérations d'entretien de la végétation ;
- l'aménagement des accès aux points de prélèvement ;
- la mise en service d'un pluviomètre et d'un débitmètre avec télétransmission en sortie de lagunes.

4.4. CONCESSION MINIERE DE CHAZÉ-HENRY (49)

4.4.1. Contexte minier

Les anciennes mines de fer de Chazé-Henry se situent sur la commune d'Ombrée-d'Anjou, à 50 km au nord-ouest d'Angers, en limite du département du Maine-et-Loire.

Suite aux découvertes de fer dans la région de Segré, une exploitation souterraine débuta après la première guerre mondiale. La mine fut fermée en 1963.

4.4.2. Équipements de prévention, de surveillance et de sécurité

a) Principes de la surveillance

L'objet de la surveillance est une cavité sous-jacente à une habitation située à proximité de l'ancien carreau de mine et au centre de la zone d'aléa fort « effondrement localisé » délimitée par GEODERIS sur le secteur de Chazé-Henry.

L'inspection de la cavité se fait par auscultation laser et vidéo au travers de deux forages. Le marché d'auscultation laser et vidéo a été renouvelé en 2023, et confié à la société IGECAV pour une durée de 4 ans.

Le suivi de l'évolution des fissures de l'habitation était effectué, jusqu'en juillet 2023, à l'aide de six fissuromètres de type G1 fixés sur certains murs. Après chaque campagne d'acquisition, les mesures et observations étaient comparées à celles des campagnes précédentes. Depuis cette date, le suivi de l'évolution des fissures est réalisé à l'aide de capteurs automatiques, constitués d'extensomètres et de boîtiers de télétransmission, dont les données sont collectées en continu sur la plateforme DATASYS.



Figure 12 : Capteur de suivi n° 0A002821 sur fissure n° 1.

b) Observations

Concernant la cavité, la surveillance en 2024 a mis en évidence de nouvelles chutes de blocs au niveau de la couronne pendant l'hiver 2023 (sept zones identifiées entre octobre 2023 et mai 2024). Cependant, l'évolution a été moins significative entre mai et septembre 2024, où seule une chute de bloc a été relevée. Aucune chute de blocs n'a été observée au niveau des parements, ce qui, du point de vue mécanique, limite l'impact aux zones de la couronne en n'augmentant pas la portée de cette dernière.

Aucune évolution notable des fissures n'a été constatée en 2024. Les données enregistrées par ces capteurs ont tendance à indiquer que les fissures se referment. Le compte rendu du BRGM/DPSM du 17 octobre 2023 rappelait que l'habitation était située à la limite de l'exposition moyenne au retrait gonflement des argiles et qu'un mouvement différentiel des sols au droit de l'habitation dû à ce phénomène ne pouvait être exclu.

À noter que quatre capteurs ont été remplacés en 2024, à la suite de dysfonctionnements dus à l'exposition aux intempéries.

4.5. CONCESSION MINIÈRE DE LA LUCETTE, LE GENEST SAINT ISLE (53)

4.5.1. Contexte minier

Le secteur minier de La Lucette est uniquement constitué du titre minier éponyme. Il est situé dans le département de la Mayenne (53) à environ 10 km à l'Ouest de Laval. Il couvre une superficie de 841 ha et s'étend sur les communes du Genest-Saint-Isle, Saint-Berthevin et Olivet.

La mine a été exploitée de 1904 à 1934, avec une interruption pendant la première guerre mondiale.

Entre 1904 et 1934, la production totale est estimée à :

- 8 700 kg d'or ;
- 42 000 t d'antimoine produit à partir de minerai issu de la mine du Genest.

Au total, six puits (Minot, Georges, Sainte-Barbe, Portier et deux puits auxiliaires) ont été foncés pour desservir les galeries d'exploitation. Les techniques employées pour l'abattage ont évolué au cours du temps : méthode des gradins droits, puis des gradins renversés puis, à partir des années 1920, méthode par tranches montantes remblayées. Les minerais ainsi extraits dans les galeries étaient transportés par wagonnets vers le puits puis acheminés vers les unités de traitement.

Les minerais d'or étaient broyés puis amalgamés au mercure et enfin concentrés sur des tables à secousses.

Les minerais d'antimoine étaient traités par procédés thermiques : traitement par liquidation, procédé par précipitation ou procédé par grillage volatilissant.

Les stériles d'extraction et les résidus de traitement ont été stockés dans les zones nord et centrale du site. La zone nord comprend également une ancienne décharge, ayant accueilli des déchets de démolition, des ordures ménagères et des résidus de fonderie. Cette ancienne décharge a fait l'objet d'un confinement par couverture imperméable en 2003 (voir 7 sur Figure 13).

Le site est la propriété de la société PDCL. Les trois dépôts recensés dans la partie nord (notés 53_0011_a_t1 à t3) n'ont pas fait l'objet de travaux de réhabilitation car aucun risque les concernant n'avait été identifié par l'exploitant dans le cadre de son dossier d'arrêt des travaux miniers (dépôts compacts et couverts par de la végétation).

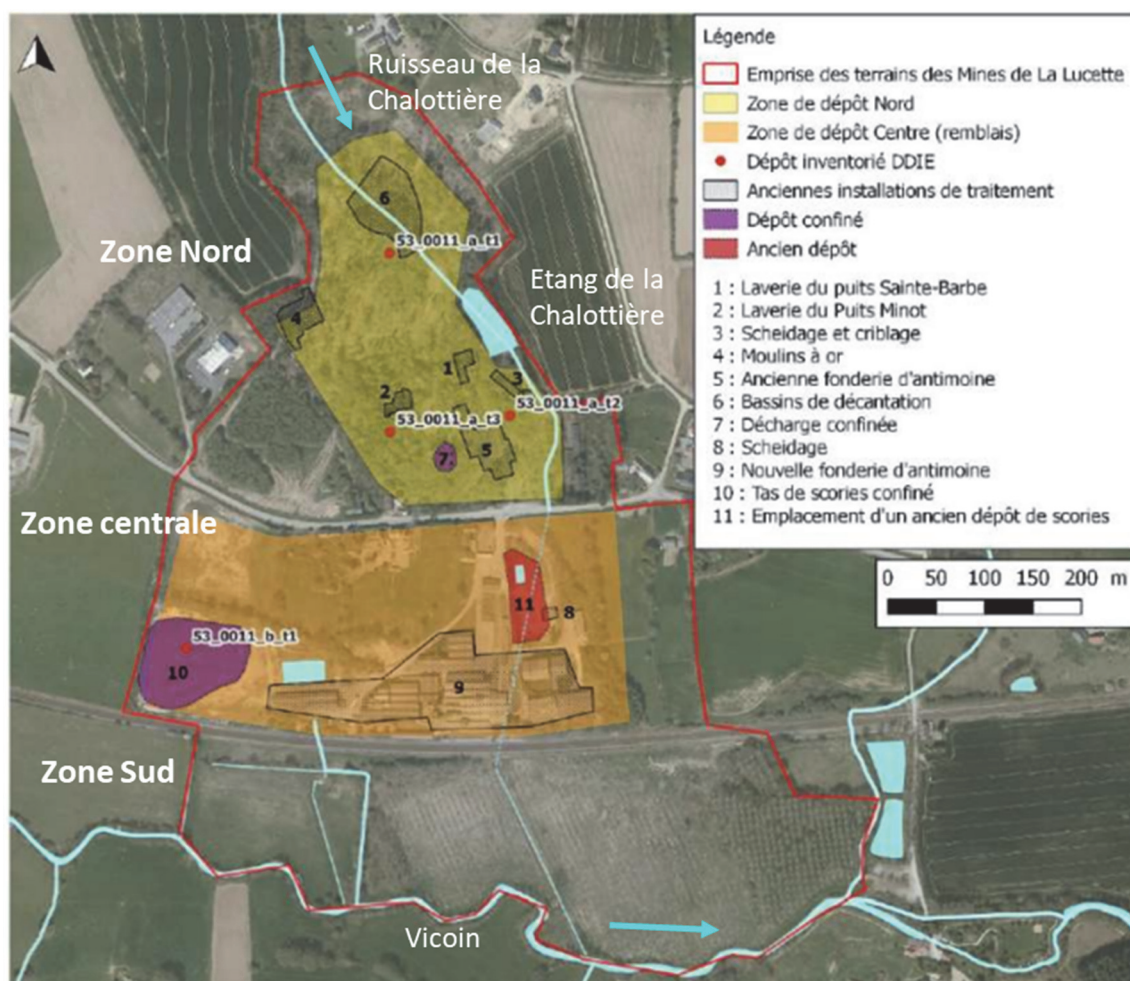


Figure 13 : Plan de recollement du site sur fond orthophotographique (modifié d'après GEODERIS, 2020).

4.5.2. Maîtrise d'ouvrage déléguée de travaux de mise en sécurité

En janvier 2021, le BRGM/DPSM a réalisé une visite complète du site de la Lucette.

Par mail en date du 17 juillet 2023, la DREAL Pays-de-Loire a saisi le BRGM/DPSM pour réaliser des investigations préliminaires complémentaires, et préciser et chiffrer les scénarios possibles pour limiter, voire stopper le sapage des résidus de la zone dite « Nord ».

Le BRGM/DPSM a produit en 2023 une note de programmation afin de définir le programme des études à réaliser préalablement aux travaux, identifier les solutions pertinentes et chiffrer les coûts relatifs à ces études.

À la suite de nouvelles visites du site en janvier et septembre 2024, le cahier des charges pour la consultation de bureaux d'études a été établi. Il s'agit de réaliser une **mission d'études en vue de travaux** destinés à limiter ou stopper le phénomène de sapage des dépôts et l'entraînement des résidus vers les eaux du ruisseau de la Chalottière.

Cette mission comprendra :

- **la réalisation d'investigations (diagnostic)**, afin de mieux définir le régime hydraulique du cours d'eau, élément indispensable au dimensionnement des solutions, et de comprendre et quantifier la mobilisation des résidus, leur emport et leur dépôt ;
- l'identification de différents **scénarios de gestion**, leur chiffrage et la réalisation d'un bilan cout-avantage des solutions identifiées (**AVP**) devant mener au **choix d'une technique (PRO)**.

5. Études et programmes transverses

5.1. PHYTOSTABILISATION DES ANCIENS SITES MINIER

En 2020, deux parcelles pilotes ont été mises en place sur le site d'Abbaretz (44) afin d'étudier la faisabilité de solutions de phytostabilisation. En 2024, un suivi des parcelles a été réalisé afin de capitaliser le retour d'expérience de ces solutions. Comme les années précédentes, la végétation présente un taux de couvert végétal important (70 % sur la parcelle du terril tabulaire et 100 % sur la parcelle proche du drainage minier acide), (Figure 14). Une forte croissance des ligneux (genets, saules, bouleaux) a été remarquée cette année. Au niveau des herbacées, la diversité végétale reste importante avec neuf espèces identifiées. Les teneurs en arsenic dans les biomasses aériennes sont inférieures à 10 mg/kg, indiquant que les végétaux ont tendance à ne pas accumuler l'arsenic, ce qui évite les transferts vers la biosphère. Le taux de matière organique dans les sols reste supérieur à 2 % ce qui est un gage de pérennité pour la solution. Au cours du suivi, aucune trace d'érosion n'a été notée sur les deux parcelles : les végétaux semblent à même de stabiliser le substrat contre l'érosion.



Figure 14 : Parcelles pilote de phytostabilisation sur d'Abbaretz, à gauche sur le terril tabulaire, à droite proche de la zone du drainage minier acide (juin 2024).

5.2. GESTION DES DÉPÔTS DE RÉSIDUS MINIER

La compréhension du type de gisement et de ses caractéristiques géologiques, du contexte climatique et hydrologique mais aussi du contexte industriel et du type d'exploitation qui a eu lieu sur un site permettent de réaliser un modèle géoenvironnemental. Ce modèle, en réconciliant les données environnementales et géologiques, permet d'évaluer les potentiels impacts environnementaux du gisement et de son exploitation et, associé au schéma conceptuel de site, permet de définir les modalités de gestion les mieux adaptées au site.

Le travail mené en 2024 pour construire un modèle géoenvironnemental du site du Bois Vert à Abbaretz a permis de mieux connaître la géologie du site. Il a notamment permis de montrer :

- que le potentiel acidogène est plus élevé pour le dépôt conique (constitué de stériles) que pour les dépôts tabulaires (constitués de résidus miniers). En effet, dans les dépôts tabulaires l'arsenic est principalement contenu dans les argiles qui sont plutôt stables et les sulfures semblent en partie oxydés. Tandis que dans le dépôt conique les sulfures frais sont très nombreux, notamment dans les tourmalinites qui contiennent de grandes proportions d'arsénopyrite ;

- que la présence de certains métaux et métalloïdes dans le DMA (notamment le nickel et le cobalt) n'est pas expliquée par la composition minéralogique décrite pour le gisement du Bois Vert, aucun minéral de cobalt ou de nickel n'ayant été identifié dans le minerai de base. En revanche, les analyses chimiques montrent que le nickel et le cobalt seraient liés à la présence de pyrite et/ou d'arsénopyrite (notamment dans les tourmalinites et les filons de quartz à sulfures) et donc issus principalement du dépôt conique ;
- que l'estimation de la durée du drainage minier acide sur le site est compliquée car il est principalement associé au dépôt conique qui contient des éléments de tailles très variées riches en sulfures qui présentent certes en surface des boxworks, indice de dissolution des sulfures à la suite de l'altération, mais contiennent encore en leur sein des sulfures encore « frais » dont il est difficile d'évaluer le temps avant dissolution.

6. Gestion de l'information technique

Le BRGM/DPSM a pour missions l'acquisition, la gestion, l'organisation et la diffusion des données de surveillance acquises en application de sa mission après-mine. Les données acquises sont organisées en utilisant les banques de données existantes (BSS, BDES/ADES, BDSurv).

À cette fin, le BRGM/DPSM a mis en place un site web aux fonctions Internet, Extranet et Intranet : <https://dpsm.brgm.fr>. Ses fonctionnalités permettent une accessibilité rapide aux données de base, notamment pour les interventions en cas de désordre d'origine minier.

La DREAL Pays de la Loire dispose d'un compte d'accès privilégié au site web du BRGM/DPSM et peut ainsi consulter la majorité des rapports (mémoires de fin de travaux, etc.) et leurs annexes numériques.

De même, les bases de données suivantes sont accessibles par le site web du DPSM :

- base Auressia : les archives techniques intermédiaires provenant de Charbonnages de France (CdF) ont été saisies et stockées dans la base Auressia. La base a été modifiée fin 2011 pour permettre la saisie des archives anciennes relatives aux renseignements miniers et aux dégâts de surface. En 2022, les données de la base Auressia ont été transférées vers une solution PMB, mieux adaptée et plus ergonomique ;
- base BDSurv : recense les ouvrages surveillés au titre des articles L.163-11 et L.174-1 à 4 du code minier, ou au titre du code de l'environnement conformément à des arrêtés ministériels annuels. Les ouvrages surveillés en Pays de la Loire sont tous saisis dans la base de données ;
- base Plans (BDPlans) : aucun plan réglementaire de concession de Charbonnages de France (CdF) en Pays de la Loire n'est disponible ;
- base de textes de procédures d'arrêt des travaux miniers : la numérisation des derniers dossiers d'arrêt des travaux miniers et des dossiers d'arrêt de renonciation de CdF a déjà été réalisée en 2010. Les documents sont disponibles ;
- Renseignement Minier En Ligne (RMEL) : cette interface de réponse automatique a permis le traitement par le DPSM de 29 128 demandes concernant le territoire national en 2024. Toutefois, aucune d'entre elles ne concernait la région Pays de la Loire, l'outil reposant essentiellement sur l'exploitation des archives de l'ancienne compagnie minière nationale Charbonnages de France.

7. Conclusions et perspectives

7.1. BILAN 2024

7.1.1. Travaux de mise en sécurité d'anciens sites miniers

Concernant le site du Bois Vert à Abbaretz (44), plusieurs travaux ont été réalisés en 2024 :

- gestion des eaux acides :
 - le suivi d'un pilote de traitement,
 - le suivi semestriel des eaux superficielles et souterraines,
 - la finalisation de l'étude hydrogéologique complémentaire ;
- gestion de l'érosion :
 - la pose d'enrochements en pieds de ravines pour limiter l'érosion.

Pour ce qui concerne l'ancienne concession de l'Oudon (49), les travaux de mise en sécurité d'un désordre sous chaussée d'origine minière ont été réalisés en 2024.

Enfin, concernant la mine de la Lucette au Genest-Saint-Isle (53), le BRGM a produit en 2024 le cahier des charges pour le marché d'étude de la « Gestion des eaux du ruisseau de la Chalottière et de limitation de l'export de résidus miniers ».

7.1.2. Surveillance d'anciens sites miniers

Au niveau de la cavité sous habitation surveillée à Chazé-Henri (49), les relevés 3D réalisés en 2024 montrent des chutes de blocs, sans toutefois remettre en cause la sécurité du bâtiment. Aucune évolution des fissures suivies sur l'habitation n'a été notée en 2024.

Depuis le 1^{er} janvier 2023, la station de traitement des eaux de La Bellière à Saint-Pierre-Montlimard (49) est une installation hydraulique de sécurité relevant de l'article L. 163-11 du code minier et devant être gérée par le BRGM/DPSM. Le suivi effectué dans le cadre de la surveillance en 2024 est le même que celui réalisé en période post-travaux. En 2024, les paramètres mesurés sur la station sont globalement du même ordre de grandeur que lors de la période 2017 – 2023.

7.2. PERSPECTIVES

7.2.1. Travaux de mise en sécurité d'anciens sites miniers

En 2025, il est envisagé de poursuivre les actions suivantes sur le site du Bois Vert à Abbaretz (44) :

- gestion des eaux acides :
 - continuer à suivre le pilote de traitement passif de type substrat alcalin dispersé pour le traitement des eaux acides et mettre en place un pilote de taille intermédiaire de plus grande capacité,
 - poursuivre le suivi semestriel de la qualité des milieux et estimer l'envol de poussières avant les travaux de végétalisation ;

- gestion de l'érosion :
 - répertorier l'ensemble des points singuliers devant faire l'objet de mesures de gestion en mettant l'accent sur les méthodes de phyto-gestion (fascines, végétalisation, etc.),
 - restituer la capacité de stockage de la lagune nord-est (par curage et mise en place de rideaux de palplanches afin d'en faciliter la gestion future).

Concernant le secteur minier de La Lucette (53), en 2025 est programmée la consultation de bureaux d'études afin de réaliser une **mission d'études en vue de travaux** destinés à limiter ou stopper le phénomène de sapage des dépôts et l'entraînement des résidus vers les eaux du ruisseau de la Chalottière. En 2025, la phase diagnostic de cette étude est envisagée.

7.2.2. Surveillance d'anciens sites miniers

Concernant la surveillance de la cavité au droit d'une habitation à Chazé-Henry (49), la surveillance sera poursuivie en 2025 selon les mêmes modalités qu'en 2024.

Concernant la station de Saint-Pierre-Montlimart (49), en plus de la surveillance du site, il est prévu en 2025 :

- des opérations d'entretien de la végétation ;
- l'aménagement des accès aux points de prélèvement ;
- la mise en service d'un pluviomètre et d'un débitmètre avec télétransmission en sortie de lagunes.

7.2.3. Études

L'année 2025 sera consacrée à la consolidation de l'ensemble des données acquises sur le fonctionnement du site du Bois Vert d'Abbaretz depuis 2018. Cela permettra de mettre en perspective l'apport et les limites des différentes méthodes mises en œuvre pour aider à la gestion des résidus miniers (géophysique, analyses combinées de terrains XRF-XRD, constitution d'un modèle géoenvironnemental, etc.).

Par ailleurs, en 2025, des tests visant à évaluer l'apport du suivi des particules en suspension pour estimer les emports depuis les sites miniers seront réalisés notamment sur le site de Saint-Pierre-Montlimart. Enfin des tests afin de définir le choix de la meilleure méthode de détermination des débits à déployer selon la conformation des cours d'eau et les incertitudes associées à chaque type de méthode seront menés sur les sites de Saint-Pierre-Montlimart et d'Abbaretz.

Annexe 1

Index des acronymes

ADES	Portail d'Accès aux Données sur les Eaux Souterraines
AVP	Avant-Projet
BDES	Banque nationale des Données sur les Eaux Souterraines
BDSurv	Base de Données des Surveillances (DPSM)
BRGM	Bureau de Recherches Géologiques et Minières
BSS	Banque du Sous-Sol
BSSS	Bureau du Sol et du Sous-Sol de la Direction Générale de la Prévention des Risques (DGPR) du MTE
CCTP	Cahier des Clauses Techniques Particulières
DGPR	Direction Générale de la Prévention des Risques du ministère en charge de l'environnement
DMA	Drainage Minier Acide
DPSM	Département Prévention et Sécurité Minière du BRGM
DREAL	Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement
GEODERIS	Il s'agit d'un Groupement d'Intérêt Public (GIP) constitué entre le BRGM et l'INERIS. Il apporte à l'État (administrations centrales et services déconcentrés, en particulier les DREAL) une assistance et expertise en matière d'après-mine.
IEM	Interprétation de l'État des Milieux
LOLF	Loi Organique relative aux Lois de Finances
MDPA	Mines De Potasse d'Alsace
MOD	Maître d'Ouvrage Délégué
MTE	Ministère de la Transition Écologique
PCT	Plan de Conception de Travaux
RMEL	Renseignement Minier En Ligne
SIG	Système d'Information Géographique
UTAM	Unité Territoriale Après-Mine du DPSM

Annexe 2

Indicateur de performance

L'indicateur de performance du DPSM s'appuie sur l'analyse de la maîtrise des coûts relatifs aux projets de travaux. Cette analyse est fondée sur l'écart moyen entre les coûts prévisionnels (devis) et les coûts réels des travaux (factures) pour les chantiers achevés et les factures reçues dans l'année.

À l'échelle nationale : aucun écart significatif n'a été constaté sur les travaux achevés en 2024.

Année	Écart devis / montant final travaux
2008	+ 0,3 %
2009	- 3,2 %
2010	- 1,4 %
2011	- 5,0 %
2012	- 2,3 %
2013	+ 10,3 %
2014	- 3,8 %
2015	- 0,7 %
2016	- 4,1 %
2017	- 6,9 %
2018	- 7,8 %
2019	- 6,7 %
2020	- 5,7 %
2021	- 9,5 %
2022	- 1,48 %
2023	- 0,95 %
2024	-10,39 %

Pour la région Pays de la Loire : deux opérations de travaux ont été réceptionnées en 2024.

Lieu - objet des travaux	Coût (€ TTC)	Devis (€ TTC)	Écart devis / montant final travaux	Convention	Date réception
Oudon-Segré (49) – Mise en sécurité d'un fonti route du Vaududon	20 772	23 748	- 12,5 %	2016, 2021	02/07/2024
Abbaretz (44) - Etudes hydrogéologiques complémentaires	63 431	70 775	- 10,4 %	2022	30/06/2024



**RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Centre scientifique et technique

3, avenue Claude-Guillemin
BP 36009
45060 – Orléans Cedex 2 – France
Tél. : 02 38 64 34 34

**Département Prévention et Sécurité Minière
Unité Territoriale Après-Mines Centre-Ouest**

3, avenue Claude-Guillemin
BP 36009
45060 – Orléans Cedex 2 – France
Tél. : 02 38 64 35 43

www.brgm.fr / <https://dpsm.brgm.fr>